

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-019881

(43)Date of publication of application : 23.01.1996

(51)Int.Cl.

B23K 26/00

B23K 26/06

B23K 26/08

C21D 1/34

C21D 9/08

G02B 27/09

(21)Application number : 06-150165

(71)Applicant : MITSUBISHI HEAVY IND LTD

(22)Date of filing : 30.06.1994

(72)Inventor : HASHIMOTO YOSHIO

ISHIDE TAKASHI

NAGURA YASUMI

FUJIWARA HIROYUKI

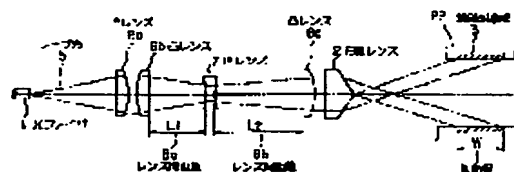
AKAHA TAKASHI

(54) LASER BEAM DEVICE FOR HEATING OF TUBULAR BODY

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a laser beam device which can prevent thermal damage of an optical system and can efficiently heat an object to be heated.

CONSTITUTION: The laser beam device, in which laser beam is guided to an tubular object pp to be heated and the inner peripheral face of the object is irradiated with the laser beam and is heated, is provided with a flexible beam guiding means 1 for one system to guide laser beam from a laser beam source and a lens optical mechanism consisting of convex lenses 6a-6c and a concave lens 7 to variably adjust the spot diameter of laser beam guided by the flexible beam guiding means. Further the device is provided with a conical lens (axicon lens) 2 which is placed so that its optical axis is aligned with the optical axis of lens optical mechanism and by which a laser beam having the spot diameter adjusted by the lens optical mechanism is converted to conical shape so as to emit it as the laser beam for heating.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

05.03.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the  
examiner's decision of rejection or application  
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3160467

[Date of registration]

16.02.2001

[Number of appeal against examiner's decision of  
rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

2005-067

2005-069

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-19881

(43)公開日 平成8年(1996)1月23日

(51)Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 2 3 K 26/00	Z			
26/06	E			
	Z			
26/08	K			

G 0 2 B 27/ 00

E

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 9 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号	特願平6-150165	(71)出願人	000006208 三菱重工業株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目5番1号
(22)出願日	平成6年(1994)6月30日	(72)発明者	橋本 義男 兵庫県高砂市荒井町新浜二丁目1番1号 三菱重工業株式会社高砂研究所内
		(72)発明者	石出 孝 兵庫県高砂市荒井町新浜二丁目1番1号 三菱重工業株式会社高砂研究所内
		(72)発明者	名倉 保身 兵庫県高砂市荒井町新浜二丁目1番1号 三菱重工業株式会社高砂研究所内
		(74)代理人	弁理士 鈴江 武彦

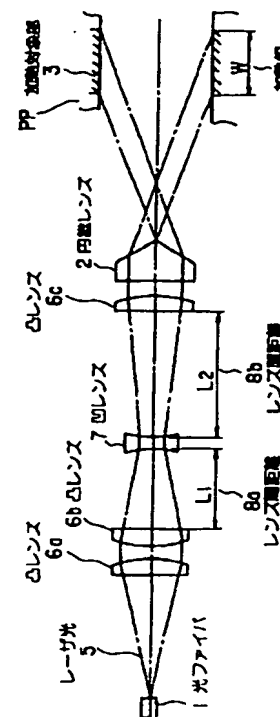
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 管状体加熱用のレーザ装置

(57)【要約】

【目的】光学系の熱損傷を防止すると共に、効率良く加熱対象部を加熱できる管状体加熱用のレーザ装置を提供すること。

【構成】レーザ光を管状の被加熱物ppに導き、この被加熱物の内周面に照射して加熱を行うレーザ装置において、レーザ光源よりレーザ光を導く1系統分の可撓性導光手段1と、この可撓性導光手段により導かれたレーザ光のスポット径を可変調整する凸レンズ6a~6cおよび凹レンズ7によるレンズ光学機構と、このレンズ光学機構の光軸に光軸を一致させて配され、該レンズ光学機構によりスポット径を調整されたレーザ光を漏斗状に光路変換し、加熱用レーザ光として出射する円錐レンズ（アクシコンレンズ）2とを備えて構成する。



(2)

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 レーザ光を管状の被加熱物に導き、この被加熱物の内周面に照射して加熱を行うレーザ装置において、

レーザ光源よりレーザ光を導く 1 系統分の可撓性導光手段と、

この可撓性導光手段により導かれたレーザ光のスポット径を可変調整する凸レンズおよび凹レンズによるレンズ光学機構と、

このレンズ光学機構の光軸に光軸を一致させて配され、該レンズ光学機構によりスポット径を調整されたレーザ光を漏斗状に光路変換し、加熱用レーザ光として出射する円錐レンズ（アキシコンレンズ）と、より構成することを特徴とする管状体加熱用のレーザ装置。

【請求項 2】 円錐レンズは、被加熱管体の管内表面へのレーザ光のビーム入射角が  $70 \sim 80^\circ$  になるものを使用することを特徴とする請求項 1 記載の管状体加熱用のレーザ装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、レーザ光線を用いた加熱装置に関し、特に熱交換器伝熱管のような管状体内面を均等に加熱するレーザ装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 レーザは所望の狭い箇所のみ、高温に加熱でき、周辺の部分に余分な熱影響を与えないので、溶接や表面硬化処理等に広く利用されている。この種の装置においては、一般的には、レーザ光をワークの表面に集光させ、その集光点を所定の経路に従って走査する。集光点には、十分な光エネルギーが与えられるから、所望温度まで昇温し、あるいは溶融し、走査により集光点が移動すれば、速やかに冷却される。

【0003】 このようなレーザ装置を用いて細いシリンダの内面や、細い伝熱管の内面を加熱する場合には、一般にオプティカルファイバ等の光伝送体により、レーザ光を軸方向に導き、軸まわりに回転するミラーによってレーザ光を反射させ、この反射されたレーザ光を半径方向に導いて前記内面を加熱する例が多い。

【0004】 しかしながら、叙上のような一般的なレーザ内面加熱装置では、比較的広い面積の加熱対象部位を均等に加熱するには不向きであると共に、ミラーを回転する機構を必要として構造が複雑化するきらいがある。

【0005】 このため、回転ミラーの代わりに、円錐形のミラーを使用することが提案されている。しかしながら、この場合には円錐形ミラーの特性上、尖頭部で反射した光は、広範囲に広がってしまい、あまり加熱には有効でない。

【0006】 従って、円錐形ミラーを使用する場合、所定幅の裁頭円錐面を反射面として用い、これに円周上に配置した複数の光ファイバからレーザ光を当てると、管

2

状体内面に鉢巻き状の反射光照射面が生じ、加熱される。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 以上説明したような円錐形ミラーを利用したレーザ加熱装置では、一応、所期の目的を達成し、管状体内面の面積を同時に加熱し得るのであるが、それでもなお次のような問題点がある。

【0008】 すなわち、

(1) 1 本のオプティカルファイバから出射される光は、光の性格上、中心部で光のエネルギー密度が大きく、周辺部では小さい。従って、複数のオプティカルファイバを用いた場合、鉢巻き状の被加工面に低温領域が生じ、円周方向に温度のばらつきが生じる。このような温度のばらつきは、溶体化処理等より均一な温度分布を必要とする熱処理には好ましくない。

【0009】 (2) 従来の円錐形ミラーの反射角は  $90^\circ$  度であり、反射した光は入射角が  $0^\circ$  度で管状体の内面に入射する。従って、反射率が高く、加熱に供される吸熱エネルギーが小さく、エネルギー効率が悪い。

【0010】 (3) 管状体内面の被加熱体の幅は、円錐形ミラーの形状や大きさ、更にはオプティカルファイバとの相対的な関係から一義的に決まってしまう、調整ができない。

と言ったような点である。従って、本発明の目的とするところは、上述のような不具合のないレーザ加熱装置を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するため、本発明はつぎのように構成する。すなわち、レーザ光を管状の被加熱物に導き、この被加熱物の内周面に照射して加熱を行うレーザ装置において、レーザ光源よりレーザ光を導く 1 系統分の可撓性導光手段と、この可撓性導光手段により導かれたレーザ光のスポット径を可変調整する凸レンズおよび凹レンズによるレンズ光学機構と、このレンズ光学機構の光軸に光軸を一致させて配され、該レンズ光学機構によりスポット径を調整されたレーザ光を漏斗状に光路変換し、加熱用レーザ光として出射する円錐レンズ（アキシコンレンズ）とを備えて構成する。

【0012】 また、円錐レンズは、被加熱管体の管内表面へのレーザ光のビーム入射角が  $70 \sim 80^\circ$  になるものを使用する。また、レンズ光学機構はそのレンズ間距離を調整可能に構成する。

【0013】

【作用】 このような構成において、第 1 には、1 本の光ファイバにより伝送されたレーザ光を光学系で拡大後、コリメートし、円錐レンズ（アキシコンレンズ）で漏斗状に広がる断面リング状のレーザ光に変換し、これを被加熱管体の管内表面に照射するので、管内周面のレーザ光のビームの強度分布が均一になる。そのため、レーザ

3

光の管内の照射域を均一に加熱することができるようになる。

【0014】また、第2には、レーザ光の反射率を低く保つことができるビーム入射角が70～80度であることから、被加熱管体の管内表面へのレーザ光のビーム入射角が70～80度になるような漏斗状レーザ光を出力できるように設計した円錐レンズを用いるようにすることで、レーザ光のビーム吸収率が高まり、効率の良い加熱ができるようになると共に、光学系特に被加熱管体へのレーザ光出力端となる円錐レンズと被加熱管体の加熱対象部間の距離を十分離すことができるようになり、このこととレーザ光のビーム吸収率の向上（つまり、反射レーザ光が少なくなる）ことによって光学系の熱損傷を防止できるようになる。

【0015】更に、第3には、光学系のレンズ間距離の組合せを変化させることによって、レーザ光照射による管内表面加熱幅を可変調整できることから、熱処理条件に合せて加熱幅を調整して加熱することができるようになり、信頼性の高い、そして、精度の高い加熱処理が可能となる。

【0016】

【実施例】以下、本発明の実施例について図面を参照して説明する。図1に、本発明のレーザ加熱装置における先端光学系である加熱ヘッド部の構成図を示す。

【0017】図1は加熱ヘッド部の概略的な構成を示す正面図であり、図中1は光ファイバ、2は円錐レンズ（アクシコンレンズ）、ppは加熱対象の管（以下、加熱対象管と呼ぶ）であり、3はその加熱対象部、4は加熱幅、5はレーザ光、6a、6b、6cは凸レンズ、7は凹レンズ、8aおよび8bはレンズ間距離である。

【0018】前記光ファイバ1は図示しないレーザ発振源より、レーザ光を導くための可撓性導光手段であり、1系統分の光路を提供する。光ファイバ1はその一端側がレーザ発振源に接続されている。光ファイバ1の他端側（レーザ光出射端側）は加熱ヘッド部に接続される。加熱ヘッド部は凸レンズ6a、6b、6c、凹レンズ7および円錐レンズ2により構成される。

【0019】光ファイバ1は用途により例えば、オプティカルファイバのように、芯線を複数本バンドル（束ねる）したものであっても、また、芯線1本のみの構成としたものであっても良いが、光路としては全体で1本分（1系統分）であり、従来のように複数本、すなわち、複数系統とすることによる弊害を除去している。

【0020】つまり、1本の光ファイバ1によりレーザ光を導く構成とすることにより、この導光路により得られるレーザ光のスポットは1個となり、複数系統の場合のように系統別にスポットが得られて、スポットが複数個になることによるレーザ光のエネルギー分布の極端な疎密化を防止している。

【0021】レンズ群は光ファイバ1のレーザ光出射端

(3)

4

側より、凸レンズ6a、凸レンズ6b、凹レンズ7、凸レンズ6c、そして、円錐レンズ2の順に光軸を一致させて配される。そして、凸レンズ6aおよび円錐レンズ2は位置固定であるが、凸レンズ6b、6c、凹レンズ7はその光軸方向に位置移動調整が可能な構成である。また、レンズ群の光軸は光ファイバ1のレーザ光出射端側の光軸と一致させてあり、レーザ光のスポットはその中心が上記レンズ群の光軸に一致される。

【0022】円錐レンズ2は一方の面が平坦面、他方の面が円錐形に形成された円錐台形状のレンズであり、円錐側をレーザ光の出射端側とし、平坦側をレーザ光の入射端側としてある。

【0023】凸レンズ6aは光ファイバ1から円錐状に広がるようにして出射されるレーザ光をコリメート（平行光線化）し、凸レンズ6bはこのコリメートされたレーザ光を絞ってスポット径を小さくし、凹レンズ7はこの絞られたレーザ光を広げ、凸レンズ6cは広がったこのレーザ光をコリメートして円錐レンズ2に入射させる役割を担う。

【0024】上述したように、本装置では凸レンズ6aと円錐レンズ2の間の距離は固定であるが、凸レンズ6bと凸レンズ6cおよびこれらの間にある凹レンズ7は凸レンズ6aと円錐レンズ2の間で位置を移動調整できる構成である。凸レンズ6bと凹レンズ7との間の距離がレンズ間距離8aであり、凹レンズ7と凸レンズ6cとの間の距離がレンズ間距離8bである。

【0025】このような構成において、レーザ発振源より発振されたレーザ光5は光ファイバ1により加熱ヘッド部に導かれ、光ファイバ1のレーザ光出射端側より出射されて凸レンズ6aに入射される。そして、凸レンズ6aより凸レンズ6bそして凹レンズ7を経て凸レンズ6cを通り、円錐レンズ2に入射する。

【0026】凸レンズ6a、6b、凹レンズ7よりなるレンズ系はレーザ光の光束を拡大するためのものであり、これらのレンズ系を通して拡大されたレーザ光は凸レンズ6cによりコリメート（平行光線化）され、円錐レンズ2に入射される。

【0027】円錐レンズ2は一方の面が平坦面、他方の面が円錐形に形成された円錐台形状のレンズであり、円錐側をレーザ光の出射端側とし、平坦側をレーザ光の入射端側としてある。そして、円錐レンズ2に平行光線を入射させると、円錐の中心線を中心にその周囲の領域の光を内側に曲げるように作用するので、コリメートされて円錐レンズ2の入射端側より当該円錐レンズ2に入射されたレーザ光はその出射光の光分布がリング状になり、しかも、円錐レンズ2の位置から離れるにつれてリングの径は広がるようになる。

【0028】つまり、コリメートされた断面円形のレーザ光束は円錐レンズ2を通すと、漏斗状に広がる断面リング状の光束に変わる。従って、被加熱管体の内部に加

(4)

5

熱ヘッド部を挿入すると、レーザ光は加熱ヘッド部より漏斗状に広がる断面リング状の光束となって被加熱管体内壁に向かうので、被加熱管体内壁側から見れば斜めにレーザ光が入射してくることになり、被加熱管体に対するレーザ光の吸収効率が良くなる。

【0029】このように、本発明装置では、レーザ発振源から1系統分の可撓性導光手段である光ファイバ1により伝送されたレーザ光5は、凸レンズ6a、6b、凹レンズ7によりスポット径を拡大後、凸レンズ6cによりコリメートされてから、加熱ヘッド部における光学系出射端の円錐レンズ（アクシコンレンズ）2によって漏斗状に広がる断面リング状のレーザ光に成形されて、被加熱管内表面の加熱対象部3に照射され、当該管を内表面から加熱するようにしたものである。

【0030】本発明の装置では、レーザ光によって加熱された被加熱物の加熱対象部3からの反射レーザ光による反射熱や輻射熱から光学系（特に光学系出射端の円錐レンズ2）を保護するため、光学系に対して被加熱物である被加熱管における加熱対象部3の位置が管軸方向に離れるようにすると共に、レーザ光5のビーム吸収率を高めるために、加熱対象部3へのレーザ光5のビーム入射角 $\theta$ が70～80度になるように調整して照射する。

【0031】これは円錐レンズ2における円錐面の角度を選べば良く、加熱対象部3へのレーザ光5のビーム入射角 $\theta$ が70～80度になるような円錐レンズを選定して用いるようにすれば良い。

【0032】レーザ光5のビーム入射角 $\theta$ （度）と反射率（%）の関係を図2に示す。図2は縦軸に反射率%を、そして、横軸にビーム入射角 $\theta$ 度を取り、ニッケルに対して $\theta$ 度でレーザ光を入射させた場合の各ビーム入射角 $\theta$ に対する反射率を測定してプロットしたものである。

【0033】レーザ光5のビーム入射角 $\theta$ （度）と反射率（%）の関係は図2に示すように、ビーム入射角 $\theta$ が\*

6

\*70度未満の場合は、反射率が高くなり、また、80度超になると急激に反射率が高くなっていることがわかる。従って、80度超の領域はビーム入射角 $\theta$ が少しでもずれると反射率が大きく変化するので使いづらい領域である。従って、加熱対象部3へのレーザ光5のビーム入射角 $\theta$ が70～80度の領域が反射率の点で最も効率の良い領域であるから、この領域を使用する。

【0034】しかし、加熱対象部3へのレーザ光5のビーム入射角 $\theta$ が小さくなると、加熱ヘッド部と加熱対象部3との間の距離が長くなり過ぎて、実用的でなくなり、逆にビーム入射角 $\theta$ が大きくなると、加熱ヘッド部と加熱対象部3との間の距離が短くなって光学系への熱の問題が生じるから、加熱対象部3へのレーザ光5のビーム入射角 $\theta$ が70～80度の範囲で、さらにこのような条件を踏まえて最適なビーム入射角 $\theta$ を選定する。

【0035】例えば、光学系と加熱対象部3との距離は、約20mm未満の場合、光学系が加熱対象部3からの反射レーザ光による反射熱や輻射熱により損傷する危険が大きいが、20mm以上離れた場合は、約1、150℃で300回昇温・冷却のサイクルを繰返しても、光学系の損傷はなく、また、光学系の透過率にも変化がなく良好であったことを実験により確認しているので、加熱対象部3へのレーザ光5のビーム入射角 $\theta$ が70～80度の範囲で、しかも、被加熱管体の管径等も考慮して光学系と加熱対象部3との距離が20mm以上確保できるように円錐レンズ2を選ぶ。

【0036】一方、本加熱ヘッド部における光学系においては、光学系の凸レンズ6aと凹レンズ7のレンズ間距離8a及び凹レンズ7と凸レンズ6cのレンズ間距離8bを変化させることができ、これにより、つぎの第1表に示すように、レーザ光5による被加熱管の管内表面における加熱幅Wを任意に調整することができる。

【0037】

（第 1 表）

レンズ間距離 8 a (L <sub>1</sub> mm)	レンズ間距離 8 b (L <sub>2</sub> mm)	ビーム幅 (W mm)
13. 664	22. 000	9. 70
14. 129	21. 000	8. 73
14. 546	20. 000	7. 89
14. 907	19. 000	7. 19
15. 223	18. 000	6. 59
15. 502	17. 000	6. 08
15. 749	16. 000	5. 63
15. 971	15. 000	5. 25
16. 171	14. 000	4. 91
16. 352	13. 000	4. 62
16. 516	12. 000	4. 36

(5)

7		8
16.666	11.000	4.13
16.803	10.000	3.93
16.930	9.000	3.76
17.047	8.000	3.60

つまり、被加熱管の管内表面における加熱幅Wはこの例でも、3.6mmから9.7mmの範囲で調整できることがわかる。

【0038】つぎに本発明の装置により、外径18.8mm、肉厚1.20mmのNi-Cr-Fe合金管（ニッケル・クロム・鉄合金管）を、溶体化処理温度である約1,100～1,200℃に加熱した結果を図3および図4に示す。

【0039】図3は、被加熱管における加熱対象部3の幅に合わせてレーザ光の照射幅である加熱幅Wを変化させた場合の被加熱管の軸方向の温度分布を示した特性図であり、縦軸に温度を、そして、横軸に管軸方向長をとったものである。また、図4は加熱幅Wを変化させた場合の管の周方向の温度分布を示したもので、縦軸に温度を、そして、横軸に被加熱管の周方向角度をとったものである。

【0040】これらの図より、被加熱管の軸方向及び被加熱管の周方向共に均一な加熱が得られていることがわかる。図6は、本発明の手法により、図5に示す状態で被試験体である被加熱管ppに対して行った加熱試験の一例を示す。図5(a)は側面断面図、図5(b)は被加熱管ppの正面図であり、図5において、被試験体である被加熱管ppの加熱対象部の領域幅（加熱すべき領域の幅）は6mmとし、これを光学系先端出力580Wのレーザ光5で加熱を行った。

【0041】被加熱管ppの加熱対象部の温度測定は被加熱管ppの加熱対象部位置での周囲0°、90°、180°、270°の位置における外周面にそれぞれ設けた熱電対T/Cで行い、加熱対象部位置からのレーザ光の反射出力を調べるため、被加熱管ppの端部には管軸に軸線を一致させてレーザ光の反射出力の強さを測定するためのパワーメータPWMを配置した。

【0042】加熱ヘッド部の光学系を構成する円錐レンズ2の位置から熱電対T/C設置面までの距離は約33mmであり、熱電対T/C設置面からパワーメータPWMの検出面までの距離は61mmである。

【0043】この条件で、被加熱管ppはレーザ光により照射すると、被加熱管ppの加熱対象部は照射開始後、30秒経過時点程度までは温度変化があまり見られないが、それ以後、照射開始80秒経過時点程度までの間に急に温度勾配が高くなり、温度変化が大きくなる。そして、照射開始90秒経過時点程度までの間に一挙に1,200℃程度迄温度上昇する。この間、パワーメータPWMで検出される反射出力は最小でほぼ0℃程度、最大で200℃程度であり、変化の傾向は加熱対

象部の温度変化特性曲線と似たものとなる。

【0044】パワーメータPWMで検出される反射出力の大きさは小さいものとなっているが、これは加熱対象部にレーザ光が良く吸収されて、反射分が少ないことを意味し、加熱対象部の加熱を効率良く行っていることを意味する。

【0045】この結果、約1,100～1,200℃迄、短時間のうちに昇温され、熱処理及びろう付等、種々の熱源として効果的に利用できることがわかる。なお、本発明の技術は垂直固定管、水平固定管及び垂直・水平回転管などにもその状況に応じて適用することができる。その他、本発明は上述した実施例に限定されるものではなく、その要旨を変更しない範囲内で適宜変形して実施し得るものである。

【0046】以上、本発明は加熱ヘッド部をつぎのようにした。

(1) 1本の光ファイバ（1系統分の可撓性導光路）から出るレーザ光を拡大後、コリメートし、円錐レンズ（アクシコンレンズ）により、リング状に変換して管内の前方表面に照射するようにした。

【0047】(2) 光学系の円錐レンズ（アクシコンレンズ）の設計によって、管内表面へのレーザ光のビーム入射角を70～80°に設定するようにした。

(3) 光学系のレンズ間距離の組合せを変化させることによってレーザ光照射による加熱幅を変化させるようにした。

【0048】そして、このようにすることにより、第1には、1本の光ファイバにより伝送されたレーザ光を光学系で拡大後、コリメートし、円錐レンズ（アクシコンレンズ）で漏斗状に広がる断面リング状のレーザ光に変換し、これを被加熱管体の管内表面に照射するので、管内周面のレーザ光のビームの強度分布が均一になる。そのため、レーザ光の管内の照射域を均一に加熱することができるようになる。

【0049】また、第2には、レーザ光の反射率を低く保つことができるビーム入射角が70～80度であることから、被加熱管体の管内表面へのレーザ光のビーム入射角が70～80度になるような漏斗状レーザ光を出力できるように設計した円錐レンズを用いるようにすることで、レーザ光のビーム吸収率が高まり、効率の良い加熱ができるようになると共に、光学系特に被加熱管体へのレーザ光出力端となる円錐レンズと被加熱管体の加熱対象部間の距離を十分離すことができるようになり、このこととレーザ光のビーム吸収率の向上（つまり、反射レーザ光が少なくなる）ことによって光学系の熱損傷を

(6)

9

防止できるようになる。

【0050】更に、第3には、光学系のレンズ間距離の組合せを変化させることによって、レーザ光照射による管内表面加熱幅を可変調整できることから、熱処理条件に合わせて加熱幅を調整して加熱することができるようになり、信頼性の高い、そして、精度の高い加熱処理が可能となる。なお、本発明は上述した実施例に限定されるものではなく、その要旨を変更しない範囲内で適宜変形して実施し得る。

【0051】

【発明の効果】以上、詳述したように、本発明によれば、管内表面を加熱するにあたり、レーザ光を1本のレーザビームとして導き、これを円錐レンズによりリング状にして管内表面に照射するので管内周面をリング状に均一に加熱できるようになる他、光学系と加熱部管の距離を離すことができるので、加熱対象部による光学系の熱的損傷を十分に防止できるようになり、また、管内表面へのレーザ光のビーム入射角を適正に設定することができるので、レーザ光の反射率を低減し、効率良く管を加熱することができるようになり、更には、レーザ光の加熱幅を自由に变化させることができるので、必要な加熱幅を得て的確に加熱することができるようになる等の効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例を説明するための図であって、

10

本発明の第1実施例に係るレーザ装置における加熱ヘッド部（先端光学系）の概略的な構成を示す図。

【図2】本発明の実施例を説明するための図であって、本発明の第1実施例に係るレーザ光の入射角と反射率の関係を示す図。

【図3】本発明の実施例を説明するための図であって、本発明の第1実施例に係る管の軸方向の温度分布図。

【図4】本発明の実施例を説明するための図であって、本発明の第1実施例に係る管の周方向の温度分布図。

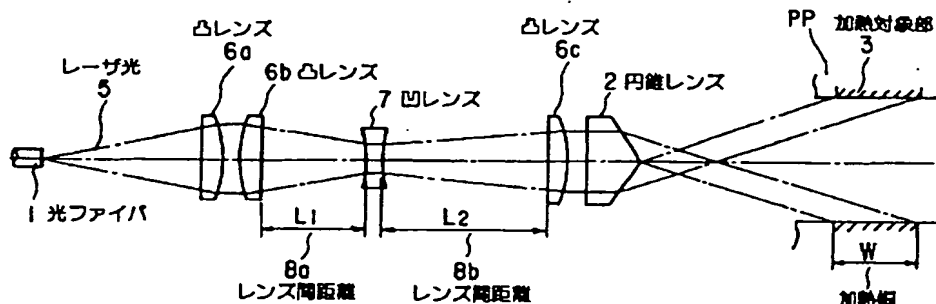
【図5】本発明の実施例を説明するための図であって、被加熱管ppに対して行った加熱試験の状況を説明するための図。

【図6】本発明の実施例を説明するための図であって、図5に示す状況下において本発明を適用して実施した加熱試験での加熱時間と加熱温度の関係を示す図。

【符号の説明】

- 1…光ファイバ
- 2…円錐レンズ
- 2a…円錐ミラー
- 3…加熱対象部
- W…加熱幅
- 5…光路
- 6a, 6b, 6c…凸レンズ
- 7…凹レンズ
- 8a, 8b…レンズ間距離。

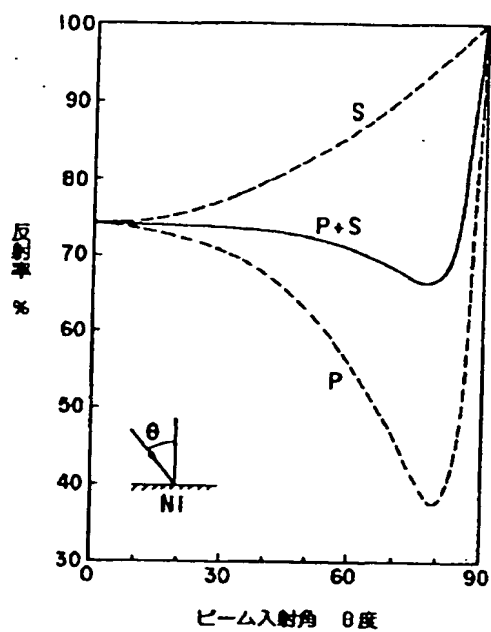
【図1】



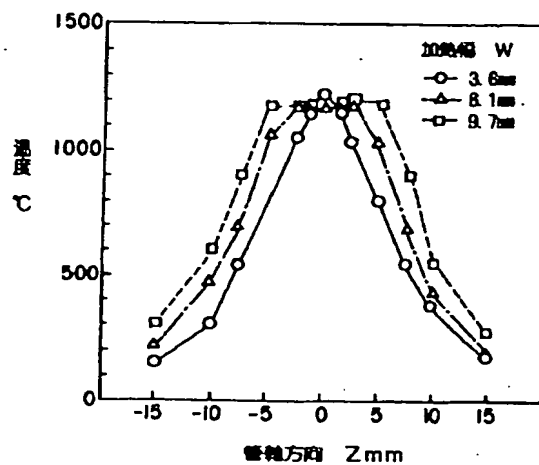


(7)

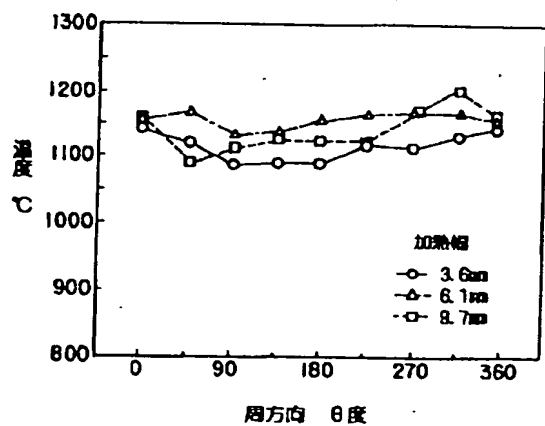
【図2】



【図3】

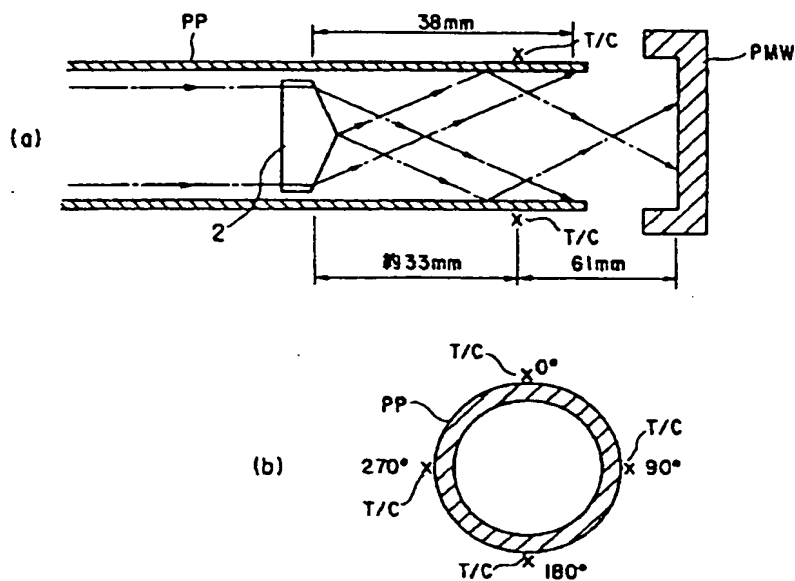


【図4】

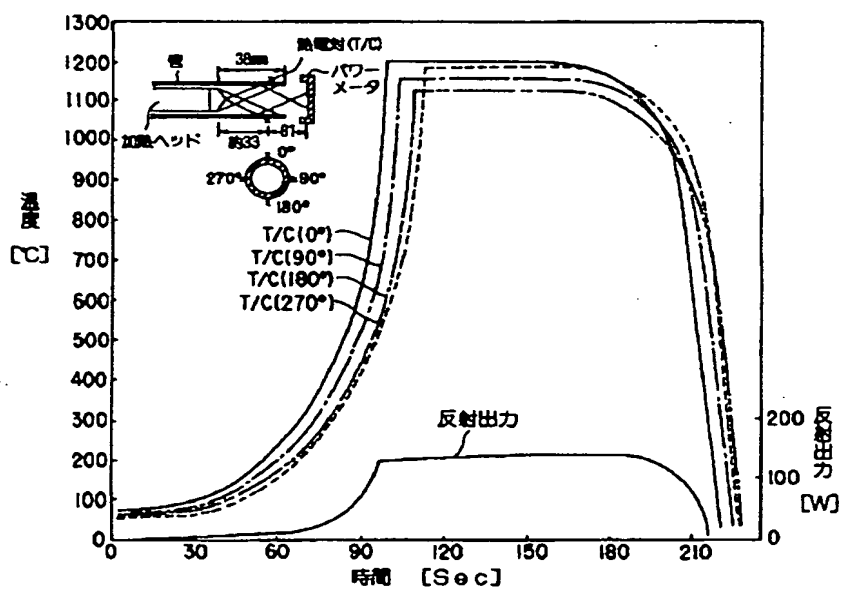


(8)

【図5】



【図6】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

C 2 1 D 1/34

9/08

G 0 2 B 27/09

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H

J

(9)

(72)発明者 藤原 博幸

兵庫県神戸市兵庫区和田崎町一丁目1番1  
号 三菱重工業株式会社神戸造船所内

(72)発明者 赤羽 崇

兵庫県神戸市兵庫区和田崎町一丁目1番1  
号 三菱重工業株式会社神戸造船所内